

河口生态安全评价方法研究综述

杨志^{1,2}, 赵冬至², 林元烧¹

(1. 厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005; 2. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023)

摘要: 介绍了河口生态系统的内涵, 总结对比国内外学者对流域—河口及海洋生态安全评价方法的分类, 认为基于评价技术方法对生态安全评价方法进行分类比较合理。介绍了一些国内外主要的生态安全评价方法, 及其在流域—河口及海洋生态安全评价中的应用, 为河口生态安全评价拓宽思路、提供方法。对生态安全评价的发展趋势和发展要求进行分析, 认为在河口生态安全的概念研究、指标体系的构建和定量评价技术方法等方面需要进一步加强。

关键词: 生态安全评价方法; 河口生态; 发展趋势

中图分类号: X171 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6336(2011)02-0296-05

Review on assessment methods of estuarine ecological safety

YANG Zhi^{1,2}, ZHAO Dong-zhi², LIN Yuan-shao¹

(1. College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China)

Abstract: This article studies the connotation of estuarine ecosystems and summarizes the classification methods on the ecological safety assessment based on the domestic and foreign research in the basin and marine estuaries. The result shows that it is suitable to classify the assessment methods of ecological safety based on the evaluation technical methods. Some popular ecological safety assessment methods as well as their applications in "basin-estuary" and marine ecosystem assessment are also introduced and it will provide better methods for the estuarine ecological safety assessment. The article analyzes the trend and demand in the estuarine ecological safety assessment, too. The author point out that there is a great many work to do in the definition of the estuarine ecological safety, indexes system creation as well as quantitative assessment.

Key words: methods of ecosystem safety assessment; estuary ecosystem; trend

随着全球经济的发展和工业化的普及, 出现了资源破坏、环境污染、生物多样性降低等生态问题, 这些问题日益威胁到人类的生存和发展并迫使我们越来越重视可持续发展问题, 越来越重视“生态”和“安全”问题。为了解决这些问题, 更深入了解生态环境结构、功能和过程, 因而逐步在全球范围内开展了生态评价研究^[1]。20世纪90年代以来国内许多学者提出“生态安全”的概念和问题, 虽然对“生态安全”的定义和理解各不相同^[2], 但却逐渐为生态研究和评价引入了思路和方法。生态安全研究是当前生态学研究的前沿, 是解决当前世界面临生态问

题的途径, 是可持续发展的理论基础; 生态安全评价是生态安全研究的分支, 是人们深入地理解生态系统结构、功能和过程以解决全球生态问题的一种手段^[3], 为生态系统管理及其相关社会经济政策制定提供一定的依据。本文归纳总结生态安全评价中的方法, 积极探索适合河口生态安全评价的方法, 尝试为河口生态安全评价提供依据和指导。

1 河口的生态学认识

目前对“河口生态系统”一词尚无明确的生态学上的

收稿日期: 2009-05-20, 修订日期: 2009-12-11

基金项目: 海洋公益性行业科研专项(200805064); 国家908专项(908-02-03-01)

作者简介: 杨志(1983-), 男, 山东烟台人, 硕士研究生, 主要从事与遥感、地理信息系统技术结合的海洋生态评价研究。E-mail: yang-zhisd@126.com

通讯作者: 赵冬至, E-mail: dzzhao@nmec.gov.cn.

定义。在传统生态学中,生态系统一般采用该生态系统中优势类群或者景观进行划分(如森林生态系统、草地生态系统、沙漠生态系统等),以及采用群落栖息地进行划分(如湖泊生态系统、潮间带生态系统、大洋生态系统等)。而河口作为一个海陆交汇的复杂生境交错带,河流、湿地、潮间带等各种生境类型都有分布,以及沿流域内的各种生境,更是增加了河口生态系统的复杂性。因此“河口生态系统”并非严格意义上的生态系统名称,而是多种生态系统的集合^[4]。不同的河口生态系统的实际情况可能大不相同,并且其自身具有一定的复杂性,这就决定了对河口生态系统进行研究需要具有很强的针对性。

河口处于流域和海洋的交汇处,河口生态系统环境因子变化剧烈,各种过程(物理、化学、生物和地质过程)耦合多变,生态环境错综复杂。来自流域、河口海岸带和海洋的自然压力和人类活动压力影响着河口生态系统的安全状况。河口海岸地带多是经济发达、人口集居之地,世界60%的人口和2/3的大中城市集中在沿海地区,日益加剧的人类活动增加了河口海岸地区的压力,人类高强度经济活动赋予流域环境的压力最终向河口转移、汇聚,通过物质和能量通量的变化对河口三角洲及其邻近海域的环境产生深刻的影响^[5]。与此同时,来自海洋系统的自然和人类活动也强烈影响着河口生态安全状况,如海洋的潮汐、环流、赤潮以及人类在海洋上的开发活动等。

2 河口生态安全评价方法研究概况

目前,国内外学者对生态安全评价方法进行的研究还不够深入,尤其是对流域—河口生态安全评价方法进行的研究更是处于初级阶段,而针对在流域—河口及海洋生态安全评价中所采用的方法及其分类,目前尚处于摸索阶段,一些评价方法的分类及命名体系尚不完善。目前国内外的流域—河口及海洋生态安全评价方法主要可分为两大类,或者说是两个体系。

一类是基于评价对象的不同而产生和发展起来的评价方法体系,即把流域—河口生态安全评价方法分为生物监测法和指标体系法,并按研究对象的不同再对指标体系法进行简单分类,如国外学者 Roux D J 等和 Munkit-trick K R 等依据生态毒理学建立的评价指标体系^[6,7], Schaeffer D J 等和 Rapport D J 等依据生态系统医学或者流行病学方法建立评价指标体系^[8,9]。国内学者如李春晖等^[10]在“流域生态健康评价理论与方法研究进展”中综述了流域生态安全评价的方法,认为评价方法主要包括生物监测法和指标体系法,在指标体系法中列举并简单介绍了美国的快速生物评价草案(RBP),瑞典的岸边与河道环境细则(RCE)和澳大利亚的河流状况指数(ISC),祁帆等^[11]在“海洋生态系统健康评价研究进展”中也综述了海洋生态系统健康评价方法,其对海洋生态

系统健康评价方法的分类基本与李春晖等人相同。

另一类是基于评价中所采用技术方法和模型的不同而进行归类的评价方法体系。刘红等^[12]在“我国生态安全评价方法研究综述”中基于评价模型(或技术方法)的不同把我国生态安全评价方法归结为数学模型法、生态模型法、景观生态模型法、数字地面模型法等4种方法。而李会民等^[13]在“海洋生态系统健康评价研究”中对健康评价方法的综述主要是一些指标权重的赋值方法。

本文认为:流域—河口(或者海洋)生态安全评价方法的分类以评价技术或模型为基础的分类方法较为合理。随着科学技术的迅速发展和生态安全研究的进一步深入,生态安全评价必然需要相关学科和技术的支撑,以此为基础对生态安全评价方法进行分类有利于促进现代科学技术和方法在生态研究中的运用,从而有利于生态安全评价的深入和发展。而以评价对象的不同对生态安全评价方法进行分类不利于生态安全评价方法的发展。因为生态安全概念本身就具有十分广泛的内涵,是一种社会—经济—自然复合生态系统的安全,其评价对象不能仅仅局限于生态系统的某一方面的特征。即使考虑了人类活动影响的指标体系,考虑把生态系统看做一种社会—经济—自然复合生态系统,即采用经济学指标与生态指标相结合建立指标^[14],这类指标体系虽然较生态毒理学指标更加宏观全面^[15],但这种分类体系依然限制生态学者的思维方法,评价对象的分类和选择固然重要,但是生态学者应更加注重评价技术手段的发展。

3 河口生态安全评价方法

科技的发展和人口的激增使人类以空前的规模影响着自然生态系统,使得现在的很多生态问题如大气污染、土地的沙漠化和盐碱化都带有区域性特征;随着研究尺度的增大,风险源与环境之间的暴露—反应关系越来越难以确定;由于尺度的不可推绎性,不能轻易地将小尺度上的研究结论推至大尺度上;上述客观事实要求在研究生态安全过程中需要充分发挥模型的作用^[16]。目前流行的生态安全评价模型(方法),一些已经在河口生态安全评价中有成熟的应用,一些可以逐渐引入河口中运用,对河口生态安全评价方法具有指导意义。

3.1 压力—状态—响应(PSR)模型

P-S-R模型是由OECD和UNEP合作开发的压力—状态—响应(Pressure-State-Response)模型^[17],其指标结构是由压力、状态、响应三类指标组成。P-S-R模型是一种概念模型,其主要体现了人与自然生态系统中各种因素之间的因果联系。用压力变量描述人类活动对环境施加的影响,即环境问题产生的原因;用状态变量描述由压力变量所导致的环境问题的物理可测特征;用响应变量测度生态系统响应环境问题的程度。该模型具有综合性、灵活性和因果关系强的特征^[18]。王宏昌等^[19]构建P-S-R指标体系对辽西大凌河流域进行生态安全评价,刘佳^[20]

基于 P-S-R 模型对九龙江河口生态系统健康进行评价,而 吝涛等^[21]通过现场调查和分析对厦门海域生态系统所面临的生态安全压力(P)进行了详细分析和总结,并对海岸带响应(R)评估方法进行了探索^[22]。

3.2 指数法

指数法是目前生态安全评价中最常用的方法,可以分为简单指数法和综合指数法两类。20 世纪 50 年代以来,许多学者应用简单生物指数与物种多样性指数法来评价流域—河口生态系统健康和安全状况,水环境生物指数法多以鱼类、着生藻类(多为硅藻)及无脊椎动物为监测与研究对象。Dauer 用相关的生物学指数(大型底栖生物)来判断海湾环境质量健康程度^[23],Fausch 等用鱼类群落状况来指示环境退化度^[24],Jeffrey 等将简单的生物指数应用到爱尔兰海湾的污染状况评价中^[25]。综合指数法是近年来生态安全评价常用的方法,一般采用层次分析法确定指标体系并通过专家打分法(特尔菲法)进行赋权,对生态安全指标进行具体化和量化,获得可量化的指标后根据数理统计分析和人工神经网络等数学方法进行指标的合成,得出生态系统安全的综合指数。得出生态安全综合评价指数后进行分级,并在此基础上结合区域生态环境特征建立生态安全评价规范 and 标准^[26]。张璐应用综合指数法对温州市瓯海区生态安全状态进行了分析^[27]。

3.3 生态足迹法

吉力力·阿不都外力等^[28]利用生态足迹理论与方法,运用生态足迹压力指数模型,对中亚不同区域的生态安全进行了评价。分别测算中亚四国的人均与区域总生态足迹、生态承载力、生态赤字和生态足迹压力指数,最后按照生态足迹压力指数来评价中亚各国生态安全状态。生态足迹是根据人类社会对自然资源的依赖性来定量测度区域可持续发展状态的一种理论与方法,它形象地反映了人类经济活动对环境影响的程度。由于生态足迹方法将可持续发展理念上升到定量测度的可操作层面,并且该方法简明、合理,很快成为生态安全和可持续发展定量评价研究的热点,其不足点是过于强调社会经济对环境的影响而忽略其它环境因素影响作用。生态足迹法目前主要用于陆域生态安全评价,水域生态系统因其具有流动性和与相邻区域的交流强等特点,对其进行生态足迹和生态承载力测算比较困难,结果的可信度也较差,但是对于相对大范围的流域—河口运用生态足迹法进行生态足迹和生态承载力的计算会相对缩小误差,提高可信度,因此笔者认为生态足迹法理论上是河口生态安全评价中可以采用的方法,其具体实施还需进一步研究。

3.4 景观生态方法

景观生态模型包括景观生态安全格局法和景观空间邻接度法,其中后者特别适应生态安全研究主要着眼于相对宏观的要求。景观生态模型可以从生态系统结构出

发综合评价各种潜在生态影响类型,但是由于时空尺度大,涉及因子多,且因子之间相互作用复杂,因此存在对模型(如全球气候变化模型、森林景观动态模型等)的验证困难的问题^[16]。角媛梅、肖笃宁等^[29]以金塔绿洲为例,计算了绿洲景观类型与沙地和盐碱沼泽地的空间邻接长度和数目比例,利用地理缓冲区分析方法计算了沙地和盐碱沼泽地对绿洲景观面积的影响,提出了绿洲生态安全受胁程度的计算方法。景观生态安全评价方法目前也是主要运用在陆域生态系统的评价中,水域生态系统中因其景观区分的困难而运用较少,在流域—河口生态安全评价中景观评价部分主要集中在流域的陆域部分。

3.5 突变级数法

1972 年法国数学家雷内·托姆在《结构稳定性和形态发生学》一书中,明确地阐明了突变理论,宣告了突变理论的诞生,之后其作为一门以突变现象为研究对象的系统理论,被广泛应用到许多学科中,如物理学、力学、心理学、医学、社会学、经济学等领域。用数学模型来描写自然现象,是科学研究的一种有效方法^[30],其中一种常见的应用,是利用突变模型衍生出来的突变级数法来解决多准则决策问题。突变级数法的主要特点是它首先对系统的评价总目标进行多层次矛盾分解,利用突变理论同模糊数学相结合产生的突变模糊隶属函数,由归一公式进行综合量化运算,最后归一为一个参数,即求出总的隶属函数,从而进行评价。其主要步骤包括:建立层次结构模型,确定评价指标体系各层次的突变系统类型,由突变系统的分歧集方程推出归一公式,利用归一公式进行综合评价。

李艳等^[31]在《突变级数法在区域生态系统健康评价中的应用》一文中运用突变级数法于珠江三角洲、粤东沿海、粤西沿海等地的生态评价中。结果较为可靠,是为一种简便、快捷、便于应用的处理多目标评价决策问题的方法。

3.6 数字地面模型

RS 与 GIS 相结合,采用栅栏数据结构,叠加容易,逻辑运算简单,能够完成和实现生态模型的评价运算。左伟等^[32]通过模型技术与遥感技术等的应用,实现多特征类型因子信息提取和实现区域生态安全从像元级微观评价数值到小流域级中观评价结果的转化,通过 GIS 技术对评价结果的等级表征进行制图实现,客观表达了评价结果的空间特性。

3.7 情景分析法

运用情景综合分析法进行生态安全预测基本包括:分析目前与未来的生态安全状况,确认生态安全可能存在的状态范围,即情景,预测在各种情景下,生态系统内部各要素之间的相关性,确定各情景发生的概率,以情景的发生概率为权重,通过加权平均的方法估计各类资产的收益与风险。谢花林等在土地利用生态安全格局研究

进展中提出在区域土地生态安全格局情景模拟研究的必要性^[33]。

4 河口生态安全评价存在问题及发展趋势

(1) 河口生态安全概念的研究需要进一步加强。生态安全是一个年轻的概念,提出时间较短,国内外对生态安全相关概念的理解不一致,至今还未有一个统一的定义;生态学尤其是河口生态学的研究不够深入,且河口生态系统自身具有十分复杂的结构和功能,这些因素使得河口生态安全的评价、监测和管理等实践活动具有相当的困难。理论研究是科学研究的基础,对河口生态安全概念的研究可以促进对河口科学的研究,对河口生态安全概念和内涵的理解直接关系到我们评价对象和评价内容的选择,同时也对河口生态安全评价方法提出要求,对河口生态安全评价方法具有一定的指导和促进作用。

(2) 模型的研究需要进一步加强。模型在生态安全研究中具有预测(Prediction)、解释(Explanation)和推断(Extrapolation)功能^[34]。模型的构建需要一种更加宏观的思维方法和科学技术,需要学科间融合的思维方法和分析方法,加强模型建设是当前促进生态安全评价方法发展的重要举措。目前对于模型在生态安全评价中作用的认识和运用还处于初级阶段,目前的模型主要是一些静态的模型和概念模型,多停留在生态系统结构的模拟和评价上,而对生态系统功能进行评价的模型较少,对生态过程进行动态模拟的模型尤为缺乏。一些模型的验证比较困难,有效性存在争议,肖笃宁等^[16]认为当务之急并不是讨论该不该运用模型的有效性(Validity)问题,而是如何提高模型的可信度(Credibility)。能够兼顾河口生态系统的结构和功能,实现动态模拟和评价河口生态安全的模型是河口生态安全评价的发展需求和发展趋势。

(3) 指标体系的研究需要进一步完善,河口生态安全指标体系的构建直接关系到评价结果的不同。河口生态系统有其特殊的复杂性,指标的选取有一定的难度,且不同的研究者因其知识结构和研究尺度^[35]的不同,对河口生态安全的理解或评价范围不同,在河口生态安全指标体系的选择和同一指标的权重分配上存在很大的差异,从而导致不同研究者对同一河口生态安全评价结果的差异,特别是不同河口的评价结果无法进行直接比较。指标体系是生态安全评价的直接研究目标和评价内容,指标体系的构成是考察生态安全评价方法科学性的关键因子。在河口生态安全评价中,虽然运用不同的评价方法所构建的指标体系不同,但其中指标体系的构建都要符合一定的原则(如综合性、全面性、独立性等),都能反映出生态安全的总体状况。

(4) 生态安全评价的技术手段需进一步加强,评价总体上由定性评价向定量评价转变。目前对生态安全的评价多侧重于定性评价或者是定性定量相结合的方法,主要是因为人们对生态安全的认识和现有的技术手段的

限制。由定性评价向定量评价的转变是生态评价发展的趋势,通过3S技术手段可方便快捷地建立一套适用于我国的流域生态系统健康理论及评价体系,对主要流域进行健康评价,为流域管理提供基础数据和决策数据^[6]。加强生物学、生态学、数学、物理化学、计算机以及3S技术等学科和技术的研究,将河口生态系统内在关系研究与先进的观测手段、计算方法、分析方法等相结合融入河口生态安全评价,在技术和研究上实现微观与宏观相结合,从而真正实现河口生态安全的定量评价。

参考文献:

- [1] 田永中,岳天祥. 生态系统评价的若干问题探讨[J]. 中国人口·资源与环境,2003,13(2):17-22.
- [2] 刘建军,王文杰,李春来. 生态系统健康研究进展[J]. 环境科学研究,2002,15(1):41-44.
- [3] 王朝科. 建立生态安全评价指标体系的几个理论问题[J]. 统计研究,2003,9:17-20.
- [4] 胡文佳. 福建深沪湾生态系统评价研究[D]. 厦门: 厦门大学,2008.
- [5] 陈吉余,陈沈良. 中国河口海岸面临的挑战[J]. 海洋地质动态,2002,18(1):1-5.
- [6] ROUX D J, VAN VLIET H R, VAN VEELEN M. Towards integrated water quality monitoring: Assessment of ecosystem health[J]. Water S A, 1993, 19(4): 275-280.
- [7] MUNKITTRICK K R, MCCARTY L S. An integrated approach to aquatic ecosystem health: Top-down, bottom-up or middle-out? [J]. Journal of aquatic ecosystem health, 1995, 4(2): 77-90.
- [8] SCHAEFFER D J, NOVAK E W. Integrating epidemiology and epizootiology information in ecotoxicology studies 3. Ecosystem health[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1988, 16(3): 232-241.
- [9] RAPPORT D J. State of Ecosystem Medicine. Contaminant Effects on Fisheries[M]. New York: John Wiley and Sons, 1984. 315-324.
- [10] 李春晖,崔 嵬,庞爱萍,等. 流域生态健康评价理论与方法研究进展[J]. 地理科学进展,2008,27(1):9-17.
- [11] 祁 帆,李晴新,朱 琳. 海洋生态系统健康评价研究进展[J]. 海洋通报,2007,26(3):97-104.
- [12] 刘 红,王 慧,刘 康. 我国生态安全评价方法研究述评[J]. 自然生态保护,2005,8:34-37.
- [13] 李会民,王洪礼,郭嘉良. 海洋生态系统健康评价研究[J]. 生产力研究,2007,10:50-51.
- [14] CAIRNS J JR, MCCORMICK P V, NIEDERLEHNER B R. A proposed framework for developing indicators of ecosystem health[J]. Hydrobiologia, 1993, 263(1): 1-44.
- [15] 王治良,王国祥. 洪泽湖湿地生态系统健康评价指标体系探讨[J]. 中国生态农业学报,2007,15(6):152-155.
- [16] 肖笃宁,陈文波,郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容[J]. 应用生态学报,2002,13(3):354-358.
- [17] 王开运. 生态承载力复合模型系统与应用[M]. 北京: 科学

- 出版社,2007.
- [18] 左伟,周慧珍,王桥.区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[J].土壤学报,2003,(1):2-7.
- [19] 孙凡,李天云,黄轲,等.重庆市生态安全评价与监测预警研究—理论与指标体系[J].西南农业大学学报(自然科学版),2005,27(6):757-762.
- [20] 刘佳.九龙江河口生态系统健康评价研究[D].厦门:厦门大学,2008.
- [21] 吝涛,薛雄志,卢昌义.海岸带生态安全压力分析—厦门案例分析[J].海洋环境科学,2006,35(3):71-74.
- [22] 吝涛,薛雄志,卢昌义.海岸带生态安全向应力评价方法初探[J].海洋环境科学,2007,26(4):325-328.
- [23] DAUER D M. Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure [J]. Marine Pollution Bulletin, 1993, 26: 249-257.
- [24] FAUSCH K D, LYONS J L, KARR J R, et al. Fish communities as indicators of environmental degradation [J]. American Fisheries Society Symposium, 1990, 8: 123-144.
- [25] JEFFREY D W, WILSON J G, HARRIS C R, et al. The application of two simple indices to Irish estuary pollution status [A]. Estuarine Management and Quality Assessment [C]. London: Plenum Press, 1985.
- [26] 王宏昌,魏晶,姜萍,等.辽西大凌河流域生态安全评价[J].生态学报,2006,17(12):2426-2430.
- [27] 张璐.区域生态安全评价方法研究[D].武汉:华中科技大学,2006.
- [28] 吉力力·阿不都外力,木巴热克·阿尤普.基于生态足迹的中亚区域生态安全评价[J].地理研究,2008,28(6):1308-1320.
- [29] 角媛梅,肖笃宁.绿洲景观空间邻接特征与生态安全分析[J].应用生态学报,2004,15(1):31-35.
- [30] 陈应天.突变理论在力学中的应用[J].力学与实践,1979,1(3):9-14.
- [31] 李艳,陈晓宏,张鹏飞.突变级数法在区域生态系统健康评价中的应用[J].中国人口·资源与环境,2007,17(3):50-54.
- [32] 左伟,周慧珍,王桥,等.区域生态安全综合评价与制图—以重庆市忠县为例[J].土壤学报,2004,41(2):203-209.
- [33] 谢花林.土地利用生态安全格局研究进展[J].生态学报,2008,28(12):6305-6311.
- [34] NORTON SB, RODIER DJ, GENTILE JH, et al. A framework for ecological risk assessment at the EPA [J]. Environ Toxic Chem, 1992, 11: 1663-1672.
- [35] 曹洪法,沈英娃.生态风险评价研究概述[J].环境化学,1991,10(3):26-29.

(上接第281页)

来物种的入侵。在鱼类产卵期、成长期避免海洋工程施工带来负面影响,航道建设和疏浚物倾倒作业也尽量避免鱼类的洄游通道和渔汛季节。同时通过增殖放流、清除互花米草、整治滩涂、种植红树林、湿地保护等多种形式开展生态修复,保护生态环境,实现海洋资源的可持续发展。

4.6 注重管理制度的建立和舆论宣传,增强科学发展海洋意识

健全近海水域污染治理的组织领导机制,及时解决阻滞性、关键性难题,推进整治工作进度。加强海洋行政管理者的学习培训,在制定本市海洋经济发展规划和调整产业布局时能综合考虑社会、经济、生态、环境等多方面因素,本着科学发展、协调发展和可持续发展的原则,避免决策失误导致的海洋环境损坏,实现双赢^[15]。

继续加大海洋宣传工作力度,通过电视、报纸、公报、宣传单等多形式、多手段普及海洋环境保护知识,激发民众对海洋环境保护的参与热情,发挥广大群众的监督作用,使社会各界充分认识到保护海洋环境的重要性和紧迫性。

参考文献:

- [1] 郑伟民.泉州市海洋产业的发展问题[J].泉州师范学院学报(自然科学版),2001,19(2):35-39.
- [2] 泉州市海洋与渔业局.2003年泉州市海洋环境状况公报[Z].泉州:泉州市海洋与渔业局,2004.
- [3] 泉州市海洋与渔业局.2004年泉州市海洋环境状况公报[Z].泉州:泉州市海洋与渔业局,2005.
- [4] 泉州市海洋与渔业局.2005年泉州市海洋环境状况公报[Z].泉州:泉州市海洋与渔业局,2006.
- [5] 泉州市海洋与渔业局.2006年泉州市海洋环境状况公报[Z].泉州:泉州市海洋与渔业局,2007.
- [6] 泉州市海洋与渔业局.2007年泉州市海洋环境状况公报[Z].泉州:泉州市海洋与渔业局,2008.
- [7] 泉州市统计局.泉州市2003年国民经济和社会发展统计公报[Z].泉州:泉州市统计局,2004.
- [8] 泉州市统计局.泉州市2004年国民经济和社会发展统计公报[Z].泉州:泉州市统计局,2005.
- [9] 泉州市统计局.泉州市2005年国民经济和社会发展统计公报[Z].泉州:泉州市统计局,2006.
- [10] 泉州市统计局.泉州市2006年国民经济和社会发展统计公报[Z].泉州:泉州市统计局,2007.
- [11] 泉州市统计局.泉州市2007年国民经济和社会发展统计公报[Z].泉州:泉州市统计局,2008.
- [12] 陈彬,王金坑,张玉生,等.泉州湾围海工程对海洋环境的影响[J].台湾海峡,2004,23(2):192-198.
- [13] 中国海湾志编纂委员会编.中国海湾志(第八分册)[M].北京:海洋出版社,1994.
- [14] 简慧兰,黄强.浅议南通市海洋环境保护现状及对策[J].海洋环境科学,2009,28(supp.1):102-104.
- [15] 谢挺,胡益峰,郭鹏军.舟山海域围填海工程队海洋环境的影响及防治措施与对策[J].海洋环境科学,2009,28(supp.1):105-108.